

**STIC Translation Branch Request Form**Phone: 308-0881 Crystal Plaza 3/4, Room 2C15 <http://ptoweb/patents/>**Information in shaded areas marked with an \* is required****Fill out a separate Request Form for each document****\*U. S. Serial No.:** 101045,441**\*Requester's Name:** Tim Meeks**Office Location:** CP3-10023**Is this for the Board of Patent Appeals?****Date of Request:** 7/14/03**\*Date Needed By:** 7/24/03*(Please indicate a specific date)***PTO 2003-4465**

S.T.I.C. Translations Branch

**Phone No.:** 703 - 308 - 3816**Art Unit/Org.:** 1762**Document Identification (Select One):**

Note: If submitting a request for patent translation, it is not necessary to attach a copy of the document with the request.

If requesting a non-patent translation, please attach a complete, legible copy of the document to be translated to this form and submit it at your EIC or a STIC Library.

|    |         |   |
|----|---------|---|
| 1. | Patent  | <b>*Document No.</b> DE 04416351 A1<br><b>*Country Code</b> DE<br><b>*Publication Date</b> 11/16/1995<br><b>*Language</b> German<br><small>(filled by STIC)</small> |
| 2. | Article | <b>*Author</b><br><b>*Language</b><br><b>*Country</b>   |
| 3. | Other   | <b>*Type of Document</b><br><b>*Country</b><br><b>*Language</b>   |

- Will you accept an English Language Equivalent?  (Yes/No)
- Would you like to review this document with a translator prior to having a complete written translation?  
*(Translator will call you to set up a mutually convenient time)*  (Yes/No)
- Would you like a Human Assisted Machine translation?  (Yes/No)

Human Assisted Machine translations provided by Derwent/Schreiber is the default for Japanese Patents 1993 onwards with an Average 5-day turnaround.

**STIC USE ONLY****Copy/Search**

Processor:

Date assigned:

Date filled:

Equivalent found: (Yes/No)

Doc. No.:

Country:

**Translation**

Date logged in: 7-15-03

PTO estimated words: 5030

Number of pages: 32

In-House Translation Available:

**In-House**

Translator:

Assigned:

Returned:

**Contractor:**

Name: SC

Priority: 10

Sent: 7-15-03

Returned: 7-14-03

PTO 03-4465

German Patent

Document No. DE 44 16 351 A1

**PROCESS FOR PRODUCING QUARTZ GLASS PREFORMS AS WELL AS  
DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION**

[Verfahren zur Herstellung von Quarzglas-Vorformen sowie  
Vorrichtung zu dessen Durchfuehrung]

Walter Heitmann et al

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Washington, D.C.

July 2003

Translated by: Schreiber Translations, Inc.

Country : Federal Republic of Germany

Document No. : DE 44 16 351 A1

Document Type : Document laid open (first publication without search report)

Language : German

Inventor : Walter Heitmann, Hans-Wolfgang Muehlfriedel, and Waldemar Engel

Applicant : Siecor Fertigungsgesellschaft fuer Lichtwellenleiter mbH & Co. KG, Neustadt, Federal Republic of Germany

IPC : C03C 17/04

Application Date : May 9, 1994

Publication Date : November 16, 1995

Foreign Language Title : Verfahren zur Herstellung von Quarzglas-Vorformen sowie Vorrichtung zu dessen Durchfuehrung

English Title : **PROCESS FOR PRODUCING QUARTZ GLASS PREFORMS AS WELL AS DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION**

**Process for Producing Quartz Glass Preforms as well as Device  
for its Implementation**

A process for the production of quartz glass preforms as well as a device for its implementation.

To a burner (GB1) are conducted non-ionized gases, from which quartz glass particles are formed in the burner flame (GF). These quartz glass particles are charged electrostatically and are accelerated toward the preform via an electric field (EF1) between the burner (GB1) and a preform blank (PF) and are deposited there as extensively as possible.

**Description**

The invention concerns a process for producing quartz glass preforms, wherein gaseous original materials are conducted to a burner, from which the quartz glass particles are precipitated in the burner flame, and wherein these quartz glass particles are applied within an electric field between the burner and a preform blank to be produced on the outer surface of the preform.

---

<sup>1</sup> Numbers in the margin indicate pagination in the foreign text.

Such a process is known from DE 35 17 450 A1, in which the substances to be deposited are applied with a burner on the outer surface of a glass preform blank. For this purpose, previously ionized gases, in particular silicon tetrachloride ( $\text{SiCl}_4$ ), germanium tetrachloride ( $\text{GeCl}_4$ ), or oxygen ( $\text{O}_2$ ) are fed via feed lines, in which are included ionizers for producing spatial charges. Through the ionization of the gases before their being fed to the burner it can come already before, that is, on the way thereto, to an undesirable dissociation of the gaseous initial materials and therewith to the formation and deposition of solid particles as well as to the formation of aggressive gas ions. In the practice, for example, the silicon tetrachloride ( $\text{SiCl}_4$ ) can be dissociated especially in its ionizer to silicon and chlorine ions. The following actual formation of quartz glass particles ( $\text{SiO}_2$ ) from the gases in the burner flame can thus be impaired or disturbed, so that the deposition rate of the quartz glass particles on the outer surface of the molded preform is significantly reduced. Furthermore, the chlorine gas ions can possibly lead to a damage or even to a destruction of the ionizer and/or the feed lines.

It is therefore an object of the invention to show a way in which, like in the external deposition process of the initially described kind, quartz glass particles can be applied in a

simple way as reliably as possible on the outer surface of a preform blank to be produced. This object is attained in accordance with the invention with a process of the kind described above by conducting the non-ionized gaseous initial materials to the burner, electrostatically charging the quartz glass particles only after their formation from these initial materials in the burner flame, and accelerating these electrostatically charged quartz glass particles via the electric field toward the molded preform and thus completely depositing these there as extensively as possible.

Because the gaseous initial substances (like in the state of the art) are not ionized, but only the quartz glass particles formed by chemical reactions in the burner flame are electrostatically charged, a considerable increase of the deposition rate of quartz glass particles on the outer surface of the preform blank can be achieved. Since the gaseous initial substances such as, for example,  $\text{SiCl}_4$  or other gases containing silicon,  $\text{GeCl}_4$ ,  $\text{H}_2$ , and  $\text{O}_2$  are not ionized before being joined in the burner, they can also not prematurely dissociate in an undesirable way. The original quantity of silicon that was originally provided is rather preferably converted in the burner flame with oxygen to quartz glass particles  $\text{SiO}_2$ , that is, the yield rate is optimized. The deposited glass particles are, at

the same time, electrostatically charged in such a way that they are transported via the electric field between the burner and the preform blank to be produced toward the latter and are completely deposited there as extensively as possible.

The invention concerns also a device for carrying out the process, which is characterized in that means are provided at the output of the burner, which effect an electrostatic charge of the quartz glass particles formed from the non-ionized gaseous initial materials.

Other further developments of the invention are disclosed in the dependent claims.

The invention and its further developments will be described below with reference to the drawings, wherein:

Fig. 1 shows in schematic illustration of the design of a device for carrying out the process of the invention, and

Figs. 2 to 10 show modifications of the process of the invention as well as the device according to Fig. 1.

Fig. 1 shows, for example, the schematic design of a device of the invention for producing quartz glass preforms according to the so-called OVD process ("outside vapor deposition"). Under quartz glass preforms within the scope of the invention are understood preforms for the production of fiberoptic cables, quartz glass tubes, in particular flashed glass tubes for

increasing the volume of preforms for the production of fiberoptic cables as well as other quartz glass blanks or molded blanks.

Gaseous initial substances such as, for example, the gases silicon tetrachloride ( $SiCl_4$ ), or germanium tetrachloride ( $GeCl_4$ ), fuel gases such as, for example, hydrogen ( $H_2$ ), or methane ( $CH_4$ ), as well as oxygen ( $O_2$ ) are fed to a burner GB1 via several different feed channels such as, for example, G1 with G4 in Fig. 1. These gaseous initial substances react chemically with one another in the burner flame GF of the burner GB1, whereupon quartz glass particles ( $SiO_2$ ) are formed via a so-called hydrolysis. The quartz glass particles produced in this way should be transported via the gas flow of the burner flame GF in the direction of a preform blank PF. The quartz glass particles precipitate in layers therein as porous white "glass soot" until a quartz glass preform of the desired size is formed. The layered precipitation of quartz glass particles takes place therein at the beginning of the production process on an elongated substrate rod SS made of, for example, quartz glass,  $Al_2O_3$ , graphite, or the like. This substrate rod SS forms then the core of the preform blanks PS. The same is rotatably suspended around its longitudinal axis with a type of turning lathe in two fixed fasteners H1, H2. In Fig. 1, its rotational

motion around its longitudinal axis is indicated with an arrow RP. The substrate rod SS is heated from outside over a narrow zone with the burner flame GF of the burner GB1, in particular an explosive gas, methane gas, natural gas, or propane gas burner. To be able to produce an elongated, preferably possibly rotation-symmetric, in particular circular cylinder-shaped quartz glass preform, the gas burner GB1 as well as the preform blank PF are relatively displaced with respect to each other. In Fig. 1, the gas burner GB1 is pushed back and forth in the simplest case with respect to the preform blank fixedly arranged in the axial direction, which is indicated by a double arrow VP.

/3

In particular during a back and forth running of the burner GB1, the substrate rod SS is coated at least once all around, that is, completely around its outer circumference, with quartz glass particles. Of course, it can also be practical to move the substrate surface of the preform blank PF with respect to the burner GB1. In the production process, quartz glass particles are deposited on the outer surface of the preferably circular cylinder-shaped substrate rod SS or on the formed preform blank PF until a quartz glass preform with the desired diameter as well as desired length is formed. The substrate rod SS sits thus in the final state in the core of the finished quartz glass

preform PF. After switching off the burner GB1, the finished glass body, in particular the desired quartz glass preform, is removed from the substrate rod SS, is subjected to a drying process, and is sintered to a clear transparent glass cylinder.

The required refraction index increase in the core zone of the quartz glass preform PF is preferably achieved, for example, by enriching the burner gases with germanium tetrachloride ( $GeCl_4$ ). The doping means reacts in the flame like silicon tetrachloride ( $SiCl_4$ ) and forms germanium dioxide ( $GeO_2$ ). In other words, this means that the preform PF is produced in one or several steps, namely first with a core zone of quartz glass with germanium oxidant particles or other doping substances as well as with a coating zone of pure quartz glass particles. Within the frame of invention, the term "quartz particles" is understood to mean those particles of pure quartz glass as well as particles of quartz glass with germanium oxide contents or other doping materials.

The invention also concerns in particular so-called VAD processes ("vapor axial deposition"). In these processes is utilized another arrangement of the burner and the eventually used substance rod or tube. The glass production and deposition take place, however, preferably according to the same principle as in the OVD process.

In the practice normally only a relatively small portion of the pyrolytically produced quartz material deposits on the surface of the substrate rod with the usual external deposition processes of quartz particles from the gaseous phase such as, for example, the OVD or VAD process. Depending on the outer diameter of the growing preform blank, only a deposition rate of 20 to 60% is usually attained even under optimal conditions, since not all the quartz glass particles in the gas flow of the burner flame GF meet on the outer surface of the molded blank PF and deposit or adhere there. This lost portion flows by outside of the outer surface of the preform blank without depositing or adhering there. These residual quartz glass particles that do not deposit on the preform are finally discharged together with the other exhaust gases preferably through an exhaust gas extraction.

To be able to increase now the deposition rate in the production process on the outer surface of the blank PF, the gaseous initial materials are conducted to the burner GB1 in an electrically neutral state, that is, in non-ionized form. The quartz glass particles are electrostatically charged only after the production or formation of the quartz glass particles from these initial materials in the burner flame GF, in such a way that they are accelerated toward the preform and also deposited

to the most complete extent by the attraction force of an electrical field EF1 between the burner GB1 and the preform blank PF. The electrostatic forces that become effective in this way on the quartz glass particles in the electric field EF1 are preferably greater than the forces caused by the gas flow during the usual thermophoresis on the quartz glass particles. The additional clearly greater electrostatic forces cause that also such quartz glass particles, which otherwise would be dragged along by the gas flow passing by the preform PF, deposit on the preform surface.

To produce this electrostatic charging effect, the core of the substrate rod or tube SS of Fig. 1 is formed by an electric conductor E1, in particular a thin metal wire. This metal wire is preferably guided into the axial bore of the substrate rod SS. Between this conductor E1 and the housing BG1 of the burner GB1 is connected an electric voltage source SQ1. The same produces preferably a potential difference of a few 10 kV between the conductor E1 and the burner housing BG1. In other words, this means that the burner housing BG1 is configured as an electrode E2 and the core of the preform blank PF is configured as well as a corresponding counter electrode in the form of the conductor E1. In this way, an electric field EF1 is generated between the burner output and the preform PF. At the

same time, the electric field produces electrostatic charges at the burner output on which glass soot particles form in the burner flame. Thus, an electrostatic charge of the dielectric particles is effected only after the chemical reaction (hydrolysis) in the burner and the formation of quartz glass particles ( $\text{SiO}_2$  particles) in the burner flame GF through strong, preferably inhomogeneous electric fields. The formed quartz glass particles represent massive solid bodies of about  $10^{12}$   $\text{SiO}_2$  molecules in the burner flame. Of course also electric fields with a homogeneous field force are taken into consideration for the electric charge. The inhomogeneous fields are advantageously characterized, however, by local zones with a high field force.

This electrostatic charge does not represent an ionization. When passing through the electric field EF1, preferably in the plasma zone of the burner flame GF result rather charge displacements in the dielectric particles, which lead to the deposition of ions or electrons from the flame plasma, and the particles are charged in such a way that they are driven, in particular accelerated, in the direction of the electrode E1.

If, for example, the electrode E2 is negatively charged at the burner housing, that is, it is configured as a spray electrode with negative high voltage, and the counter electrode

E1 is positively charged and conceived as a deposition electrode, a corona forms in the area of the highest field force, that is, in the vicinity of the spray electrode E2. The negative ions that are produced herein travel to the deposition electrode E2. The quartz glass particles in the electric field are then charged by the predominantly negative ions present in the deposition space, and driven by the force action of the electric field toward the deposition electrode E1. The charged quartz glass particles are thus accelerated in the direction of the central axis of the substrate rod (= counter electrode).

Since glass is not electrically conducting, the charged glass particles that deposit on the blank PF can, if required,

/4

not discharge (except a few possible discharges over ions from the flame gases). It comes therefore during the course of the production process to the configuration of a space charge or an electric field, which is contrary to the field EF1 applied from outside and which weakens the same. The applied voltage of the voltage source SQ1 is therefore practically increased one successive layer after another during the production process to be able to maintain the attraction effect of the outer field EF1. The preform blank PF can likewise be correspondingly

suitably discharged also through corresponding grounding  
measures.

By electrostatically charging the quartz glass particles (similarly as in the electrostatic dust deposition) and driving or accelerating the same with the aid of an electric field toward the preform blank PF via the electric attraction forces is made possible an almost complete deposition of the quartz glass particles on the outer surface of the blank PF and therewith an improved deposition rate. Deposition rates of 70 to 100%, in particular 80% to 95% of the initial quantity of produced quartz glass particles are preferably made possible. Material losses of the highly pure, expensive initial materials are in this way prevented for the most part. The process duration for producing the quartz glass preform is reduced with respect to the usual deposition processes, the process duration is in particular at least double as short as that of a process according to the usual deposition processes. The deposition process can advantageously be controlled with a high accuracy, since the particle flow in the electric field EF1 can be controlled in a defined way. The weight proportions of the initial materials or substances originally conducted to the gas burner GB1 are almost completely converted chemically in the gas flame GF. In this way, the prevalent generation of possibly

aggressive gases such as, for example, chlorine ions as well as quartz glass powder not deposited on the substrate rod SS is predominantly prevented (except for the chlorine and H<sup>+</sup> ions unavoidably present in the flame plasma). The electrostatic charge represents consequently an almost complete, in particular in the ideal case up to 100 percent conversion of the highly pure, expensive initial materials into the preform material, that is, the yield of deposited quartz glass particles is optimized in such a way that the production times are shortened considerably, the production is essentially more advantageous economically, and less waste is produced. Since only the smallest quantities of corrosive damaging exhaust gases as well as solids are produced, the disposal expense is considerably lower, that is, the process of the invention is more environmentally friendly. Because of the low use of initial materials for the same quantity of deposited or accumulated quartz glass particles with respect to the conventional processes there is in particular a considerable improvement especially with respect to the economy.

It can be practical to fixedly install the electrode E1, in particular the metal wire, in the axis of the substrate rod SS, so that it rotates with the substrate rod SS. An electric contact is then preferably established between the electrode E1

and the voltage source SQ1 via an abrasive contact. This central electrode E1 can, however, preferably also be loose in the bore of the substrate rod SS and be fixedly connected to the voltage source SQ1. As electrode material is selected preferably aluminum, corrosion-resistant steel alloys, tantalum, platinum-iridium alloys, or also semiconductors. As material for the electrode E1 is selected preferably a material that remains stable or abrasion-resistant at high temperatures in the aggressive atmosphere of the burner flame GF and also does not cause any unallowable contaminations in the glass matrix.

As an alternative to Fig. 1, the substrate rod SS itself can be produced of conducting material such as, for example, of a doped ceramic. It can also be practical, if required, to coat the substrate surface of the substrate rod SS with a conducting material such as, for example, platinum, to exclude the voltage source SQ1 via a grinding contact. Under certain conditions, also another elongated straight output deposition element can be practical instead of the substrate rod SS.

The distance between the burner output and the substrate rod SS is selected practically between 30 and 1000 mm, in particular between 100 and 300 mm. The electric field EF1 has preferably an electronic field force of between 0.1 and 100

V/mm, in particular between 0.1 and 3 V/mm, preferably between 0.5 and 1.5 V/mm.

The following modifications of the device in accordance with the invention of Fig. 1, in particular of the burner GB1, are practical so as to be able to increase the charge concentration of the quartz glass particles. The elements that are adopted from Fig. 1 without changes as well as the parts that fulfill the same function are provided correspondingly with the same reference numerals in Figs. 2 to 10.

Fig. 3 shows two tapered additional electrodes ZE1, ZE2 on the outer coating or housing BG1 of a burner GB2 modified with respect to the one of Fig. 1, that is, these two electrodes ZE1, ZE2 have preferably the same charge polarity as the burner housing GB1. The two electrodes ZE1, ZE2 are positioned opposite by about 180°. Their local position is indicated in the cross sectional image of Fig. 2 by means of two circles at the outer circumference of the preferably circular cylinder-shaped burner housing GB1. The electrodes ZE1, ZE2 reach preferably up to into the plasma zone PZ of the flame GF of the burner GB2. At the same time, the plasma zone PZ in Fig. 3 is indicated by two mutually concentric, schematically drawn semicircles. By means of the pointed or needle-shaped configuration of the electrodes ZE1, ZE2 is generated an additional preferably

inhomogeneous electric field, which overlaps the acceleration field EF1 of Fig. 1. In this way is generated an additional zone of high, in particular inhomogeneous, electric field force in the plasma zone PZ correspondingly in the zone of the tips of the electrodes ZE1, ZE2, which serves for the electrostatic charge of the quartz glass particles.

The plasma zone PZ is preferably at a distance of between 2 and 300 mm, in particular between 5 and 200 mm, from the burner output. The distance between the additional electrodes ZE1, ZE2 is suitably selected between 20 and 100 mm, in particular between 25 and 60 mm. The additional electrodes ZE1, ZE2 project preferably 2 to 100 mm, in particular 5 to 150 mm, into the deposition space between the burner GB2 and the preform PF (see also Fig. 1). The additionally generated electric field has an electric field force of between 0.1 and 3, in particular between 0.5 and 1.5 V/mm between the two electrodes ZE1, ZE2 of Fig. 3.

/5

If required, it can also be practical to install the electrodes ZE1, ZE2 isolated with respect to the burner housing, so that they function as counter electrodes to the electrode E1.

Another burner variation is shown in the longitudinal section image of Fig. 5. An electrode SE1 is there in

particular a pointed or needle-shaped metal rod, in which the burner axis is arranged centrally. Its tip reaches preferably up to into the plasma zone PZ of the burner flame. Fig. 4 shows a schematic cross section of a burner GB3 modified in such a way with the electrode SE1 in the center. The centrally positioned additional electrode SE1 has preferably the same charge polarity as the burner housing BG1 according to Fig. 1. It can also be practical to maintain the housing electrically neutral, so that the central electrode SE1 takes over at the same time the function of the electrode of the acceleration field EF1 of Fig. 1 opposite to the blank PF, that is, the burner housing BG1 is then preferably electrically neutral, while the voltage source SQ1 of Fig. 1 is applied on the central electrode SE1 of Fig. 5. In this way is formed an inhomogeneous electric field, which is applied in addition on the acceleration field EF1 and improves the electrostatic charge of the quartz glass particles. The central electrode SE1 leads over a length between 5 and 300 mm, in particular between 30 and 200 mm, into the intermediate space between the output opening of the burner GB3 and the preform blank PF. The electric field force of the additional electric field of the central electrode SE1 is suitably between 0.1 and 3, in particular between 0.5 and 1.5 V/mm.

Differently from Fig. 5, in Fig. 7 is shown in the modified burner GB4, in addition to the central point electrode SE1, also an annular or cylindrical electrode RE1, which is preferably arranged inside or outside of the plasma zone FZ (toward the preform PF) of the burner flame GF, between the blank PF and the burner output opening. Another direct current or alternating current voltage source SQ3 can if required be connected in addition between this annular electrode RE1 and the central electrode SE1. The voltage source SQ3 has preferably a polarity opposite to that of a voltage source SQ1 of Fig. 1. In this way, the quartz glass particles are impinged with a charge that is opposite to the charge of the core of the preform blank PF of Fig. 1. The annular electrode RE1 has preferably a diameter that is so great that the quartz glass particles driven through the electrostatic forces if possible do not come into contact with the electrode RE1, but pass through the additional zone of high inhomogeneous field force and are thereby electrostatically charged. In this way is formed the further modified burner GB4, which allows a targeted electrostatic charge of the quartz glass particles.

The annular electrode RE1 is suitably positioned at a distance of between 2 and 300 mm, in particular between 25 and 100 mm, from the central electrode SE1 in the deposition space

between the burner GB4 and the preform PF. Between the pointy tapered end of the central electrode SE1 and the annular electrode RE1 is preferably generated an inhomogeneous electric field. This field has suitably an electric field force of between 0.1 and 100 V/mm, preferably between 0.1 and 3 V/mm, in particular between 0.5 and 1.5 V/mm. Fig. 6 shows this gas burner GB4 in cross section for a better visualization.

Fig. 9 shows finally a variation of another burner GB5 according to the invention with an annular or cylindrical electrode RE2 over the output of the burner housing BG1 around the plasma zone. In contrast with Fig. 7, in Fig. 9 the central electrode SE1 is thus eliminated. The annular electrode RE2 is configured pointed in the radially inward direction, that is, it has a needle-shaped inner ring SP1 for generating a highly distinctive inhomogeneous electric field. Between the annular electrode RE2 and the central substrate electrode 1 of Fig. 1 is applied a high voltage SQ4, that is, the burner housing BG1 itself remains electrically neutral, that is, uncharged. The charging of the already produced or generated quartz glass particles takes place in the area of the annular electrode, since there is generated an electric field of high field force. The annular electrode RE2 serves thus at the same time also as one of the poles for the electric acceleration field between the

burner and the preform blank PF according to Fig. 1, that is, it is poled inversely to the electrode E1 of the preform PF. The annular electrode RE2 can preferably be configured as a simple conducting ring. Also practical can be a constellation of annular and/or needle-shaped pins, which is directed as in Fig. 9 radially inwardly toward the center. In this way, it is made possible with the burner GB5 to carry out a targeted defined electrostatic charge of the quartz glass particles already formed in the burner flame. Fig. 8 shows this burner GB5 in schematic cross section facing toward the longitudinal direction of the burner for a better visualization.

The needle-shaped pins of the annular electrode RE2 are suitably at a distance of between 2 and 300 mm, in particular between 5 and 100 mm, from the burner output. In the area of the annular electrode RE2 is preferably generated an electric field with a field force of between 0.1 and 100 V/mm, in particular between 0.1 and 3 V/mm, preferably between 0.5 and 1.5 V/mm.

Considered overall, the additional electrodes in Figs. 2 to 9 make possible a corresponding increase of the electrostatic charge of the quartz glass particles. By means of a suitable selection of the arrangement of the electrodes as well as an optimization of the remaining process parameters such as, for

example, the distance between the burner output and the corresponding additional electrode, the distance between the additional electrode and the outer surface of the quartz glass blank, etc. can be achieved an almost complete deposition of the quartz glass particles introduced originally into the production process, that is, the quantity of the quartz glass particles that deposits on the blank PF of Fig. 1 is considerably increased.

Fig. 10 shows another possibility of how a preform blank PF can be improved in a defined manner in accordance with the invention by applying electrostatic forces despite its original electrically isolating properties. The non-conducting preform blank PF and the preferably non-conducting substrate rod SS are coated respectively with an electrically conducting layer. As coating material is preferably used carbon to preclude possible attenuation-increasing contaminations of "interfering particles" in the glass structure.

/6

This carbon is applied on the preform from at least one additional burner ZB1, ZB2 on both sides beside an actual main burner HB. The main burner HB is preferably configured in accordance with the burner GB1 of Fig. 1 and is somewhat parallel to the central axis of the blank PF on an imaginary

straight line. This series of three successive burners ZB1, HB, ZB2, is accordingly displaced with respect to the burner GB1 of Fig. 1 relative to the longitudinal axis of the blank PF. The corresponding additional burner ZB1 or ZB2 is preferably operated with a mixture rich in fuel gas of acetylene ( $C_2H_2$ ) or natural gas (main component  $CH_4$ ) and oxygen. Its reducing flame can be used for applying a carbon layer CS on the preform surface. This conducting surface layer, in particular a carbon layer CS, serves as collecting electrode for the arriving charged quartz glass particles from the main burner HB. At the same time, the charging of the quartz glass particles produced in the burner flame can be carried out, for example, in accordance with the electrostatic charging procedure of Fig. 9 with an annular electrode RE2. This annular electrode RE3 is connected via lines EL2, EL2\* respectively to a voltage source SQ5, SQ6 with the same polarity. The electrically conducting layer CS is assigned via a line EL1 to the voltage source SQ5 as well as via a line EL1\* to the voltage source SQ6, respectively, of the counter pole to the annular electrode RE3. In this way, the annular electrode RE3 charges electrostatically the quartz glass particles that were already formed in the burner flame GF, on the one hand. On the other hand, between the annular electrode RE3 and the electrically conducting layer CS on the

preform PF is formed an electric acceleration field, that is, the annular electrode RE3 represents one of the poles for the electric acceleration field of the quartz glass particles. The polarity of the annular electrode RE3 is selected in such a way that the conducting surface layer CS serves as collecting electrode for the appearing charged quartz glass particles from the main burner HB. If, for example, the quartz glass particles are negatively charged in the area of the annular electrode RE3, then a positive voltage is applied on the conducting layer. The produced conducting surface layer CS is applied so thin that the main burner HB that works with oxygen excess burns the conducting surface layer CS during the quartz glass particle deposition. This means that the conducting layer CS is continuously correspondingly removed in the current quartz glass particle deposition area of the outer surface of the preform PF affected at the time by the gas flow of the main burner respectively by oxidation during the longitudinal motion of the burner and is correspondingly rebuilt on both sides. Of course, it is also possible to select for the additional burners ZB1, ZB2 other gases different from those proposed, insofar unallowably high attenuation increases due to additional contaminations are prevented for the most part. This is insured in particular in that the carbon layer CS is applied by the main

burner HB respectively predominantly without residue, before a new layer of quartz glass particles is deposited. In this version of the process of the invention are extensively prevented according to the invention in an advantageous manner the corrosion problems in the aggressive gas environment of the burner and with this contaminations by contaminants, since a central substrate electrode such as, for example, E1 in Fig. 1 can be omitted.

In all the embodiments is suitably provided if required an isolation of the correspondingly installed electrodes with respect to the machine parts of the respective depositing device according to Figs. 1 to 10.

If required, the quartz glass particles can be deposited advantageously even without electrode on the preform blank PF in a defined manner in that the quartz glass particles produced in the flame are charged constantly with the polarity that is opposite to the one of the quartz glass particles already deposited or accumulated on the preform. Thus, for example, with an arrangement corresponding to Figs. 3, 5, or 7, the quartz glass particles are electrostatically charged with alternating polarity. In this way, the electrostatically charged quartz glass particles are attracted by the inversely poled surface of the preform PF. When the quartz glass

particles hit upon the preform PF they are discharged for the most part and loose in this way their electrostatic effect for the deposition of the next layer. The high voltage for the charge of the quartz glass particles is thus changed in dependence upon the polarity in a practical way with any direction change of the burner motion according to Fig. 1, that is, the polarity of the electrostatic charge is changed alternatively. While this process runs, the voltage can be advantageously increased step by step, application layer by application layer, so that the configuration of a possibly shielding space charge is prevented.

In this way, in an electrostatic deposition process such as this it can be advantageously omitted to provide a conducting electrode E1 such as in Fig. 1 in the core of the preform blank PF. By means of this arrangement without electrode (except for the additional electrostatic charging electrode between the burner and the preform blank) are prevented any eventual interfering contaminations in the quartz glass structure of the preform PF.

The deposition processes of the invention according to Figs. 1 to 10 can be carried out independently from each other or combined with one another as desired.

In general, a direct voltage is suitably used in the burners according to Figs. 1 to 10 for moving the burner back and forth. It can also be advantageous to prevent electrical shielding effects via already deposited quartz glass particles in that an alternating voltage or a polarity change is carried out by using a direct voltage.

Patent Claims

1. A process for producing quartz glass preforms, in which gaseous initial materials are conducted to a burner (GB1), from which are formed quartz glass particles in the burner flame (GF), and in which these quartz glass particles are deposited in an electric field (EF1) between the burner (GB1) and a preform blank (PF) to be produced, wherein non-ionized gaseous initial materials are conducted to the burner (GB1), the quartz glass particles are charged electrostatically only after the formation of the quartz glass particles from these initial materials in the burner flame (GF),

/7

and these electrostatically charged quartz glass particles are accelerated by the electric field (EF1) toward the preform blank (PF), and are there completely deposited as extensively as possible.

2. The process of claim 1, wherein the quartz glass particles are electrostatically charged in the plasma zone of the burner flame (GF).
3. The process of one of the preceding claims, wherein the quartz glass particles at the output of the burner (GB2) are electrostatically charged with an additional electric field (EF2).
4. The process of one of the preceding claims, wherein the quartz glass particles are electrostatically charged with a changing polarity.
5. The process of one of the preceding claims, wherein the preform blank (PF) is correspondingly coated with an electrically conducting layer (CS) to apply a layer of quartz glass particles.
6. The process of claim 4, wherein the conducting layer (CS) is removed by oxidation without leaving residue before a new layer of quartz glass particles can be deposited.
7. The process of one of the preceding claims, wherein fiberoptic cables or quartz glass tubes are used to produce preforms.
8. A device for carrying out the process of one of the preceding claims, wherein at the output of the burner (GB1) are provided means (for example, BG1, ZE1, ZE2), which effect an

electrostatic charge of the quartz glass particles formed from the non-ionized gaseous initial materials.

9. The device according to claim 8, wherein the means for electrostatic charge is formed by an electrically conducting housing (BG1) of the burner (GB1) to which a voltage source (SQ1) is connected.

10. The device according to one of the claims 8 or 9, wherein the means for the electrostatic charge is formed by at least one additional electrode (for example, SE1), which projects into the area between the burner (GB3) and the preform blank (PF).

11. The device of claim 10, wherein the additional electrode (for example, SE1) is configured in the shape of a needle.

12. The device of claim 10 or 11, wherein the additional electrode (for example, SE1) extends up to the plasma zone (PZ) of the burner flame (GF).

13. The device of claims 10 to 12, wherein the additional electrode (for example, SE1) is arranged centrally in the burner axis.

14. The device of one of the claims 10 to 12, wherein two additional electrodes (for example, ZE1, ZE2) are mounted on the housing (BG2) of the burner (GB2).

15. The device of one of the claims 10 to 13, wherein in addition an annular electrode (RE1) is provided in the area between the burner (GB3) and the preform blank (PF).

16. The device of claim 15, wherein a voltage source (SQ3, SQ4) is connected to the annular electrode (for example, RE1).

17. The device of one of the claims 8 to 16, wherein the core of the preform blank (PF) is formed by a conductor (E1), and a voltage with a polarity opposite to the charge polarity of the electrostatically charged quartz glass particles is applied on the core.

18. The device of one of the claims 8 to 17, wherein at least one additional burner (ZB1, ZB2) is provided, which applies an electrically conducting layer (CS) on the preform blank (PF), and a voltage (SQ5, SQ6) with a polarity opposite to the charge polarity of the electrostatically charged quartz glass particles is applied on this layer (CS).

19. The device of one of the claims 8 to 18, wherein the quartz glass particles are negatively charged.

2 sheets of drawings are enclosed

/8

- Blank Page -

DRAWINGS PAGE 1

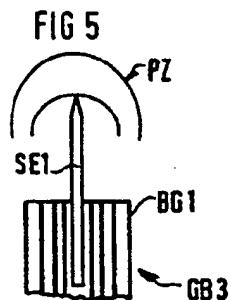
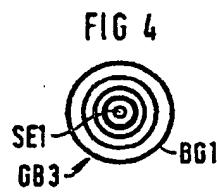
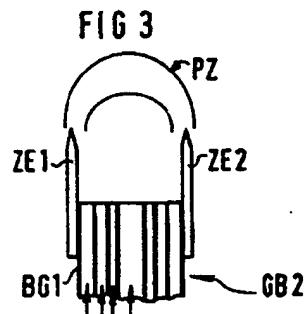
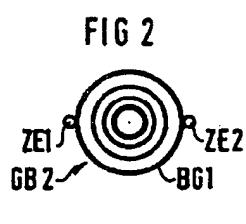
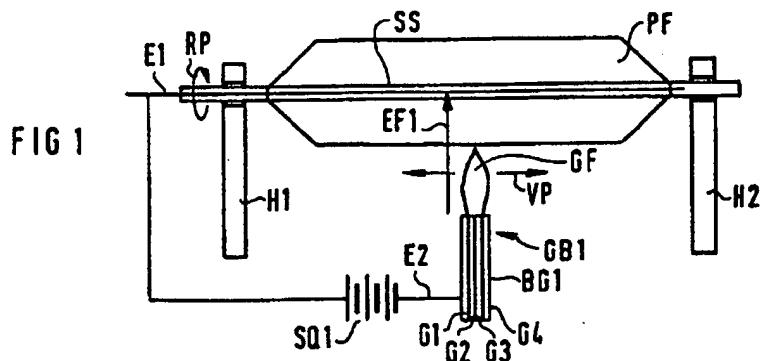
Number:

DE 44 16 351 A1

Intl. Cl.<sup>6</sup>:

C03C 17/04

Publication date: November 16, 1995



DRAWINGS PAGE 2

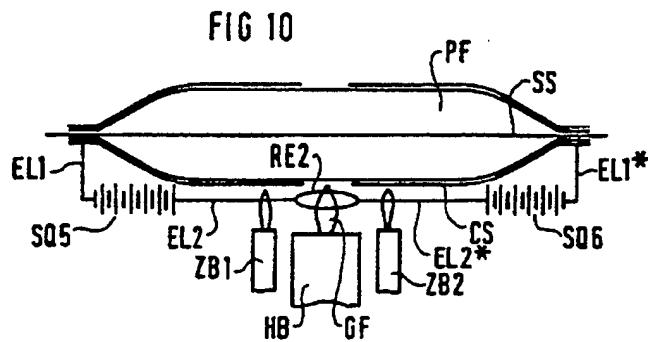
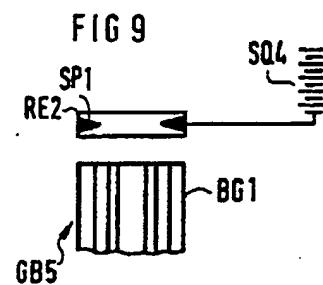
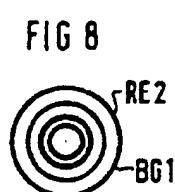
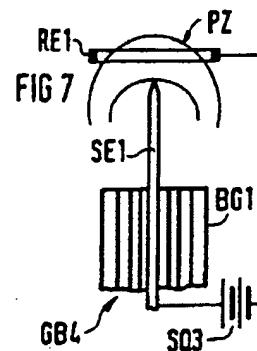
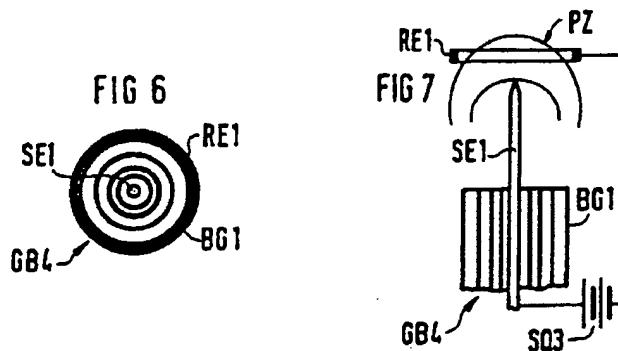
Number:

DE 44 16 351 A1

Intl. Cl.<sup>6</sup>:

C03C 17/04

Publication date: November 16, 1995



PUB-NO: DE004416351A1  
DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 4416351 A1  
TITLE: Producing quartz glass preform  
PUBN-DATE: November 16, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

| NAME                            | COUNTRY |
|---------------------------------|---------|
| HEITMANN, WALTER DR ING         | DE      |
| MUEHLFRIEDEL, HANS-WOLFGANG DIP | DE      |
| ENGEL, WALDEMAR DIPLO ING       | DE      |

ASSIGNEE-INFORMATION:

| NAME                          | COUNTRY |
|-------------------------------|---------|
| SIECOR FERTIGUNGSGESELLSCHAFT | DE      |

APPL-NO: DE04416351

APPL-DATE: May 9, 1994

PRIORITY-DATA: DE04416351A ( May 9, 1994)

INT-CL (IPC): C03C017/04, C03B020/00, H05H001/03,  
B05B005/025

EUR-CL (EPC): B05B005/08 ; C03B037/014, C03C017/04 ,  
C03C017/23 , H05H001/03  
, C03B019/14

ABSTRACT:

CHG DATE=19990617 STATUS=O>In the prodn. of a quartz glass preform, gaseous starting material is fed into a flame to bring about a chemical reaction resulting in the prodn. of a quartz glass particles. These particles are then ionised in an electric field and accelerated towards and onto the preform.

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift  
⑯ ⑯ DE 44 16 351 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
**C 03 C 17/04**  
C 03 B 20/00  
H 05 H 1/03  
B 05 B 5/025

⑯ ⑯ Aktenzeichen: P 44 16 351.7  
⑯ ⑯ Anmeldetag: 9. 5. 94  
⑯ ⑯ Offenlegungstag: 16. 11. 95

DE 44 16 351 A 1

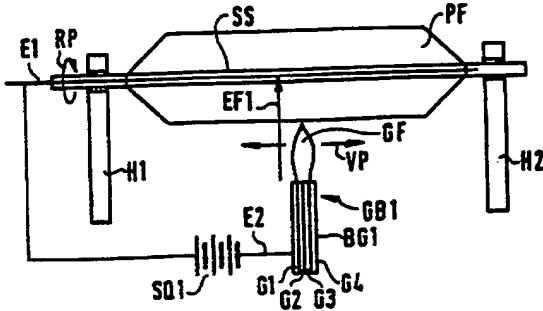
⑯ ⑯ Anmelder:  
Siecor Fertigungsgesellschaft für Lichtwellenleiter  
m.b.H & Co. KG, 96465 Neustadt, DE

⑯ ⑯ Vertreter:  
Fuchs, F., Dr.-Ing., Pat.-Anw., 81541 München

⑯ ⑯ Erfinder:  
Heitmann, Walter, Dr.-Ing., 64401 Groß-Bieberau,  
DE; Mühlriedel, Hans-Wolfgang, Dipl.-Ing., 96472  
Rödental, DE; Engel, Waldemar, Dipl.-Ing., 96472  
Rödental, DE

⑯ ⑯ Verfahren zur Herstellung von Quarzglas-Vorformen sowie Vorrichtung zu dessen Durchführung

⑯ ⑯ Verfahren zur Herstellung von Quarzglas-Vorformen sowie  
Vorrichtung zu dessen Durchführung.  
Einem Brenner (GB1) werden nichtionisierte Gase zugeführt,  
aus denen Quarzglaspartikel in der Brennerflamme (GF)  
gebildet werden. Diese Quarzglaspartikel werden elektrosta-  
tisch aufgeladen und durch ein elektrisches Feld (EF1)  
zwischen dem Brenner (GB1) und einem zu fertigenden  
Vorform-Rohling (PF) auf letzteren zu beschleunigt und dort  
möglichst weitgehend abgelagert.



DE 44 16 351 A 1

PTO 2003-4465

S.T.I.C. Translations Branch

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09. 95 508 048/103

13/33

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Quarzglas-Vorformen, wobei einem Brenner gasförmige Ausgangsmaterialien zugeführt werden, aus denen in dessen Brennerflamme Quarzglaspartikel abgeschieden werden, und wobei diese Quarzglaspartikel in einem elektrischen Feld zwischen dem Brenner und einem zu fertigenden Vorform-Rohling auf dessen Außenoberfläche aufgebracht werden.

Ein derartiges Verfahren ist aus der DE 35 17 450 A1 bekannt, bei dem abzuscheidende Substanzen auf der Außenfläche eines Glasvorform-Rohlings mit einem Brenner aufgebracht werden. Dazu werden dem Brenner vorab ionisierte Gase, insbesondere Siliziumtetrachlorid ( $SiCl_4$ ), Germaniumtetrachlorid ( $GeCl_4$ ), Sauerstoff ( $O_2$ ), über Zuleitungen zugeführt, in die Ionisatoren zur Erzeugung von Raumladungen eingefügt sind. Durch die Ionisation der Gase vor der Zuleitung in den Brenner kann es ggf. schon vorher, d. h. auf dem Weg dorthin zu einer unerwünschten Zersetzung der gasförmigen Ausgangsmaterialien und damit zur Bildung und Ablagerung von Feststoffpartikeln sowie zur Entstehung aggressiver Gasionen kommen. So kann in der Praxis beispielsweise das Siliziumtetrachlorid ( $SiCl_4$ ) insbesondere in seinem Ionisator zu Silizium- und Chlorionen zersetzt werden. Dadurch kann ggf. die nachfolgende, eigentliche Bildung von Quarzglaspartikeln ( $SiO_2$ ) aus den Gasen in der Brennerflamme beeinträchtigt bzw. gestört sein, so daß die Abscheiderate der Quarzglaspartikel auf der Außenoberfläche des Vorform-Rohlings nicht unerheblich reduziert ist. Weiterhin können die Chlorgasionen ggf. zu einer Schädigung oder sogar zu einer Zerstörung des Ionisators und/oder der Zuführleitungen führen.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, einen Weg aufzuzeigen, wie bei einem Außenabscheideverfahren der eingangs genannten Art Quarzglaspartikel in einfacher Weise möglichst zuverlässig auf die Außenoberfläche eines zu fertigenden Vorform-Rohlings aufgebracht werden können. Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß dem Brenner nichtionisierte, gasförmige Ausgangsmaterialien zugeführt werden, daß erst nach der Bildung der Quarzglaspartikel aus diesen Ausgangsmaterialien in der Brennerflamme die Quarzglaspartikel elektrostatisch aufgeladen werden, und daß diese elektrostatisch aufgeladenen Quarzglaspartikel durch das elektrische Feld auf den Vorform-Rohling zu beschleunigt sowie dort möglichst weitgehend vollständig abgelagert werden.

Dadurch, daß nicht die gasförmigen Ausgangsstoffe (wie beim Stand der Technik) ionisiert werden, sondern erst die durch chemische Reaktionen in der Brennerflamme gebildeten Quarzglaspartikel elektrostatisch aufgeladen werden, läßt sich eine nicht unerhebliche Erhöhung der Abscheiderate von Quarzglaspartikeln auf der Außenfläche des Vorform-Rohlings erreichen. Da die gasförmigen Ausgangsstoffe, wie z. B.  $SiCl_4$  oder andere siliziumhaltige Gase,  $GeCl_4$ ,  $H_2$ ,  $O_2$  vor der Zusammenführung im Brenner nicht ionisiert werden, können sie sich auch nicht vorab in unerwünschter Weise zersetzen. Vielmehr wird möglichst die ursprünglich bereitgestellte Menge an Silizium in der Brennerflamme mit Sauerstoff zu Quarzglaspartikeln  $SiO_2$  umgesetzt, d. h. die Ausbeuterate optimiert. Die abgeschiedenen Quarzglaspartikel werden dabei elektrostatisch derart aufgeladen, daß sie durch ein

elektrisches Feld zwischen dem Brenner und dem zu fertigenden Vorform-Rohling auf letzteren zu transportiert und dort möglichst weitgehend vollständig abgelagert werden.

5 Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, welches dadurch gekennzeichnet ist, daß am Ausgang des Brenners Mittel vorgesehen sind, die eine elektrostatische Aufladung der aus den nichtionisierten, gasförmigen Ausgangsmaterialien gebildeten Quarzglaspartikel bewirken.

10 Sonstige Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.

Die Erfindung und ihre Weiterbildungen werden nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert.

15 Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung den Aufbau einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

Fig. 2 bis 10 Abwandlungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie der Vorrichtung nach Fig. 1.

20 Fig. 1 zeigt beispielhaft den schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur Herstellung von Quarzglas-Vorformen nach dem sogenannten OVD-Verfahren ("outside vapor deposition" = Außenabscheideverfahren). Unter Quarzglas-Vorformen werden im Rahmen der Erfindung dabei Vorformen (pre-form) zur Lichtwellenleiter-Herstellung, Quarzglasrohre, insbesondere Überfangrohre zur Erhöhung des Volumens von Vorformen für die Lichtwellenleiter-Herstellung sowie sonstige Quarzglas-Rohlinge bzw. Formlinge verstanden.

25 Einem Brenner GB1 werden über mehrere verschiedene Zuführkanäle, wie z. B. G1 mit G4 in Fig. 1, gasförmige Ausgangsstoffe, wie z. B. die Gase Siliziumtetrachlorid ( $SiCl_4$ ), Germaniumtetrachlorid ( $GeCl_4$ ), Brenngas, wie z. B. Wasserstoff ( $H_2$ ) oder Methan ( $CH_4$ ) sowie Sauerstoff ( $O_2$ ), zugeführt. Diese gasförmigen Ausgangsstoffe reagieren in der Brennerflamme GF des Brenners GB1 chemisch miteinander, wobei 30 durch sogenannte Hydrolyse Quarzglaspartikel ( $SiO_2$ ) gebildet werden. Die so erzeugten Quarzglaspartikel werden durch den Gasstrom der Brennerflamme GF in Richtung auf einen Vorform-Rohling PF zu transportiert. Dort schlagen sich die Quarzglaspartikel als poröser, weißer "Glasruß" schichtweise nieder, bis sich eine Quarzglasvorform gewünschter Größe gebildet hat. Der schichtweise Niederschlag von Quarzglaspartikeln bzw. -partikeln erfolgt dabei zu Beginn des Herstellungsprozesses auf einem langgestreckten Substratstab 35 SS wie z. B. aus Quarzglas,  $Al_2O_3$ , Graphit oder dergleichen. Dieser Substratstab SS bildet dann den Kern des Vorform-Rohlings PS. Dieser ist mit einer Art Drehbank in zwei feststehenden Halterungen H1, H2 um seine Längsachse drehbar aufgehängt. In Fig. 1 ist seine 40 Rotationsbewegung um seine Längsachse mit einem Pfeil RP gekennzeichnet. Der Substratstab SS wird von außen auf einer schmalen Zone mit der Brennerflamme GF des Brenners GB1, insbesondere einem Knallgas-, Methan-, Erdgas- oder Propangasbrenner, erhitzt. Um 45 eine langgestreckte, vorzugsweise etwa rotationssymmetrische, insbesondere kreiszylinderförmige Quarzglas-Vorform herstellen zu können, werden der Gasbrenner GB1 sowie der Vorform-Rohling PF relativ zu einander verschoben. In Fig. 1 wird im einfachsten Fall 50 der Gasbrenner GB1 gegenüber dem in axialer Richtung feststehend angeordneten Vorform-Rohling PF hin- und herschoben, was durch einen Doppelpfeil VP angedeutet ist. Insbesondere wird bei einem Hin- 55

oder Herlauf des Brenners GB1 der Substratstab SS mindestens einmal ringsum, d. h. vollständig um seinen Außenumfang mit Quarzglaspartikeln beschichtet. Selbstverständlich kann es ggf. auch zweckmäßig sein, die Substratfläche des Vorform-Rohlings PF gegenüber dem Brenner GB1 entlang zu bewegen. Beim Herstellungsprozeß werden auf der Außenoberfläche des vorzugsweise kreiszylinderförmigen Substratstabes SS bzw. auf dem gebildeten Vorform-Rohling PF Quarzglaspartikel solange abgeschieden, bis eine Quarzglas-Vorform gewünschten Durchmessers sowie bzw. gewünschter Länge gebildet ist. Der Substratstab SS sitzt also im Endzustand im Kern der fertigen Quarzglas-Vorform PF. Nach Abschalten des Brenners GB1 wird schließlich der fertige Glaskörper, insbesondere die gewünschte Quarzglas-Vorform vom Substratstab SS abgenommen, einem Trocknungsprozeß unterzogen und zu einem klaren, durchsichtigen Glaszyylinder gesintert.

Die erforderliche Brechzahlerhöhung im Kernbereich der Quarzglas-Vorform PF wird vorzugsweise z. B. durch Anreicherung der Brennergase mit Germaniumtetrachlorid ( $GeCl_4$ ) erreicht. Das Dotiermittel reagiert in der Flamme wie Siliziumtetrachlorid ( $SiCl_4$ ) und bildet Germaniumdioxid ( $GeO_2$ ). Mit anderen Worten heißt das, daß die Vorform PF zwei- oder mehrstufig hergestellt wird, nämlich zunächst mit einem Kernbereich aus Quarzglas mit Germaniumoxidanteilen oder sonstigen Dotierstoffen sowie mit einem Mantelbereich aus reinen Quarzglaspartikeln. Im Rahmen der Erfindung werden unter dem Begriff "Quarzglaspartikel" solche aus reinem Quarzglas sowie solche aus Quarzglas mit Germaniumoxidanteilen oder sonstigen Dotierstoffen verstanden.

Weiterhin bezieht sich die Erfindung insbesondere auch auf sogenannte VAD-Verfahren ("vapor axial deposition"). Bei diesem Verfahren wird zwar eine andere Anordnung des Brenners und des eventuell verwendeten Substratstabes bzw. -rohres genutzt. Glaserzeugung und -abscheidung erfolgen jedoch vorzugsweise nach dem gleichen Prinzip wie beim OVD-Prozeß.

In der Praxis wird bei üblichen Außenabscheideverfahren von Quarzglaspartikeln aus der Gasphase, wie z. B. beim OVD- oder VAD-Prozeß, normalerweise nur ein relativ geringfügiger Anteil des pyrolytisch erzeugten Quarzglasmaterials auf der Oberfläche des Substratstabes abgeschieden. Je nach Außendurchmesser des wachsenden Vorform-Rohlings wird dabei üblicherweise selbst bei optimalen Bedingungen nur eine Abscheiderate von 20 bis 60% erreicht, da nicht alle Quarzglaspartikel im Gasstrom der Brennerflamme GF auf die Außenfläche des Rohlings PF treffen und sich dort niederschlagen bzw. haften bleiben. Dieser Verlustanteil strömt außen abseitig von der Außenfläche des Vorform-Rohlings vorbei, ohne sich dort niederzuschlagen bzw. dort hängen zu bleiben. Diese restlichen, nicht an der Vorform abgeschiedenen Quarzglaspartikel werden schließlich mit den übrigen Abgasen vorzugsweise über eine Abgasabsaugung abgeleitet.

Um nun die Abscheiderate beim Herstellungsprozeß an der Außenfläche des Rohlings PF erhöhen zu können, werden die gasförmigen Ausgangsmaterialien dem Brenner GB1 im elektrisch neutralen Zustand, d. h. nichtionisiert zugeführt. Erst nach der Erzeugung bzw. Bildung der Quarzglaspartikel aus diesen Ausgangsmaterialien in der Brennerflamme GF werden die Quarzglaspartikel elektrostatisch derart aufgeladen, daß sie durch die Anziehungskräfte eines elektrischen Feldes EF1 zwischen dem Brenner GB1 und dem Vorform-

Rohling PF auf diesen zu beschleunigt sowie dort möglichst weitgehend vollständig abgelagert werden. Die dabei wirksam werdenden elektrostatischen Kräfte auf die Quarzglaspartikel im elektrischen Feld EF1 sind vorzugsweise größer als die während der üblichen Thermophorese durch die Gasströmung verursachten Kräfte auf die Quarzglaspartikel. Die zusätzlichen, deutlich größeren, elektrostatischen Kräfte bewirken, daß sich auch solche Quarzglaspartikel auf der Vorformoberfläche niederschlagen, die sonst von der Gasströmung an der Vorform PF vorbeigetrieben werden.

Zur Erzeugung dieses elektrostatischen Aufladeeffekts ist in Fig. 1 der Kern des Substratstabes bzw. -rohres SS durch einen elektrischen Leiter E1, insbesondere 15 einem dünnen Metalldraht gebildet. Dieser Metalldraht ist vorzugsweise in der axialen Bohrung des Substratstabes SS geführt. Zwischen diesem Leiter E1 und dem Gehäuse BG1 des Brenners GB1 wird eine elektrische Spannungsquelle SQ1 geschaltet. Diese erzeugt vorzugsweise eine Potentialdifferenz von einigen 10 kV zwischen dem Leiter E1 und dem Brennergehäuse BG1. Mit anderen Worten heißt das, daß das Brennergehäuse BG1 als Elektrode E2 sowie der Kern des Vorform-Rohlings PF als zugehörige Gegenelektrode in Form 20 des Leiters E1 ausgeführt sind. Auf diese Weise wird ein elektrisches Feld EF1 zwischen dem Brennerausgang und der Vorform PF erzeugt. Gleichzeitig erzeugt das elektrische Feld am Brennerausgang elektrostatische Ladungen an den sich in der Brennerflamme bildenden 25 Glasrußteilchen. Es wird also erst nach der chemischen Reaktion (Hydrolyse) im Brenner und der Bildung von Quarzglaspartikeln ( $SiO_2$ -Partikeln) in der Brennerflamme GF durch starke, vorzugsweise inhomogene elektrische Felder eine elektrostatische Aufladung der dielektrischen Partikel bewirkt. Die gebildeten Quarzglaspartikel stellen dabei in der Brennerflamme massive Festkörper aus vorzugsweise etwa  $10^{12} SiO_2$  Molekülen dar. Selbstverständlich kommen für die elektrische Aufladung der Quarzglaspartikel auch elektrische Felder mit 30 homogener Feldstärke in Frage. Inhomogene Felder zeichnen sich allerdings vorteilhaft durch lokale Zonen höherer Feldstärke aus.

Diese elektrostatische Aufladung stellt keine Ionisierung dar. Beim Durchlaufen des elektrischen Feldes EF1 vorzugsweise im Plasmabereich der Brennerflamme GF ergeben sich vielmehr Ladungsverschiebungen in den dielektrischen Partikeln, die zur Anlagerung von Ionen oder Elektronen aus dem Flammenplasma führen und die Teilchen so aufladen, daß sie in Richtung auf die 35 Elektrode E1 getrieben, insbesondere beschleunigt werden.

Ist beispielsweise die Elektrode E2 am Brennergehäuse negativ geladen, d. h. als Sprühelektrode negativer Hochspannung ausgebildet sowie die Gegenelektrode E1 positiv als Niederschlagselektrode konzipiert, bildet sich im Bereich der höchsten Feldstärke, d. h. in der Nähe der Sprühelektrode E2 eine Korona aus. Die negativen Ionen, die hier entstehen, wandern zur Niederschlagselektrode E1, die positiven Ionen zur Sprühelektrode E2. Quarzglaspartikel im elektrischen Feld werden dann durch die im Abscheideraum überwiegend vorhandenen negativen Ionen aufgeladen und durch die Kraftwirkung des elektrischen Feldes zur Niederschlagselektrode E1 getrieben. Die aufgeladenen Quarzglaspartikel werden also in Richtung der zentralen Achse des Substratstabes (= Gegenelektrode) beschleunigt.

Da Glas elektrisch nicht leitend ist, können sich die

auf dem Rohling PF abgeschiedenen geladenen Glaspartikel ggf. nicht entladen (bis auf geringe, etwaige Entladungen über Ionen aus den Flammengasen). Es kommt daher im Laufe des Herstellungsvorganges zur Ausbildung einer Raumladung bzw. eines elektrischen Feldes, das dem von außen aufgebrachten Feld EF1 entgegengerichtet ist und dieses schwächt. Um die Anziehungswirkung des äußeren Feldes EF1 beizubehalten zu können, wird deshalb zweckmäßigerweise die angelegte Spannung der Spannungsquelle SQ1 sukzessive Schicht für Schicht während des Herstellungsprozesses erhöht. Genau so kann der Vorform-Rohling PF zweckmäßig auch durch entsprechende Erdungsmaßnahmen jeweils entladen werden.

Indem die Quarzglaspartikel (ähnlich wie bei der elektrostatischen Staubabscheidung) elektrostatisch aufgeladen und unter Zuhilfenahme eines elektrischen Feldes auf den Vorform-Rohling PF zu durch die elektrischen Anziehungskräfte getrieben bzw. beschleunigt werden, ist eine nahezu vollständige Ablagerung der Quarzglaspartikel auf der Außenfläche des Rohlings PF und damit eine verbesserte Abscheiderate ermöglicht. Vorzugsweise sind Abscheideraten zwischen 70 und 100%, insbesondere zwischen 80% und 95% der ursprünglichen Menge an erzeugten Quarzglaspartikeln ermöglicht. Materialverluste der hochreinen, kostspieligen Ausgangsmaterialien sind dadurch weitgehend vermieden. Weiterhin ist die Prozeßdauer zur Herstellung der Quarzglas-Vorform gegenüber dem üblichen Abscheideverfahren verringert, insbesondere ist die Prozeßdauer mindestens doppelt so kurz wie die eines Prozesses nach den üblichen Abscheideverfahren. Vorteilhaft kann der Abscheideprozeß hochgenau gesteuert werden, da sich der Partikelstrom im elektrischen Feld EF1 in definierter Weise führen läßt. Die dem Gasbrenner GB1 ursprünglich zugeführten Gewichtsanteile der Ausgangsmaterialien bzw. Substanzen werden in der Gasflamme GF nahezu vollständig chemisch umgesetzt. Dadurch ist die überhand nehmende Erzeugung etwaig aggressiver Gase, wie z. B. von Chlorionen sowie von nicht auf dem Substratstab SS abgelagertem Quarzglaspulver weitgehend vermieden (bis auf die im Flammenplasma unvermeidlich vorhandenen Chlor- und H<sup>+</sup>-Ionen). Die elektrostatische Aufladung stellt somit eine nahezu vollständige, insbesondere im Idealfall bis zu 100prozentige Umsetzung der hochreinen, teuren Ausgangsstoffe in Vorformmaterial um, d. h. die Ausbeute an abgeschiedenen Quarzglaspartikeln ist so optimiert, daß die Produktionszeiten erheblich verkürzt, die Herstellung wesentlich kostengünstiger sowie weniger Abfall erzeugt wird. Da nur noch geringste Mengen an korrosiven, schädlichen Abgasen sowie Feststoffen anfallen, ist der Entsorgungsaufwand vorteilhaft wesentlich geringer, d. h. das erfundungsgemäße Verfahren umweltfreundlicher. Durch den geringeren Verbrauch an Ausgangsmaterialien für die gleiche Menge von abgeschiedenen bzw. abgelagerten Quarzglaspartikeln gegenüber herkömmlichen Verfahren ist insbesondere die Wirtschaftlichkeit wesentlich verbessert.

Zweckmäßig kann es sein, die Elektrode E1, insbesondere den Metalldraht, in der Achse des Substratstabes SS fest einzupassen, so daß er mit dem Substratstab SS rotiert. Vorzugsweise ist dann ein elektrischer Kontakt zwischen der Elektrode E1 und der Spannungsquelle SQ1 über einen Schleifkontakt gebildet. Diese zentrale Elektrode E1 kann aber vorzugsweise auch lose in der Bohrung des Substratstabes SS liegen und mit der Spannungsquelle SQ1 fest verbunden sein. Als Elektroden-

material kommt vorzugsweise Aluminium, korrosionsfeste Stahllegierungen, Tantal, Platin-Iridium-Legierungen oder auch Halbleiter in Frage. Als Werkstoff für die Elektrode E1 ist vorzugsweise ein Material gewählt, das in der aggressiven Atmosphäre der Brennerflamme GF bei hohen Temperaturen stabil bzw. verschleißfest sowie korrosionsfest bleibt, sowie in der Glasmatrix keine unzulässigen Verunreinigungen hervorruft.

Alternativ zur Fig. 1 kann der Substratstab SS selbst aus leitfähigem Material hergestellt sein, wie z. B. aus einer dotierten Keramik. Genauso kann es ggf. zweckmäßig sein, die Substratoberfläche des Substratstabes SS mit einem leitfähigen Material wie z. B. Platin zu beschichten, um daran die Spannungsquelle SQ1 über einen Schleifkontakt anzuschließen. Unter Umständen kann anstelle des Substratstabes SS auch ein anderes langgestrecktes, geradliniges Ausgangsabscheideelement zweckmäßig sein.

Zweckmäßig ist der Abstand zwischen dem Brennerausgang und dem Substratstab SS zwischen 30 und 1000 mm, insbesondere zwischen 100 und 300 mm, gewählt. Das elektrische Feld EF1 weist vorzugsweise eine elektrische Feldstärke zwischen 0,1 und 100 V/mm, insbesondere zwischen 0,1 und 3 V/mm, bevorzugt zwischen 0,5 und 1,5 V/mm auf.

Um die Ladungskonzentration der Quarzglaspartikel erhöhen zu können, sind folgende Modifikationen der erfundungsgemäßen Einrichtung nach Fig. 1, insbesondere des Brenners GB1 zweckmäßig. Unverändert übernommene Elemente aus Fig. 1 sowie Teile gleicher Funktion sind jeweils in den Fig. 2 mit 10 mit den gleichen Bezugssymbolen versehen.

Fig. 3 zeigt zwei spitz zulaufende, zusätzliche Elektroden ZE1, ZE2 am Außenmantel bzw. Gehäuse BG1 eines gegenüber Fig. 1 abgewandelten Brenners GB2, d. h. diese beiden Elektroden ZE1, ZE2 weisen vorzugsweise die gleiche Ladungspolarität wie das Brennergehäuse GB1 auf. Die beiden Elektroden ZE1, ZE2 sind etwa 180° gegenüberliegend positioniert. Ihre örtliche Lage ist im Querschnittsbild von Fig. 2 mittels zweier Kreise am Außenumfang des vorzugsweise kreiszylindrischen Brennergehäuses GB1 angedeutet. Die Elektroden ZE1, ZE2 reichen vorzugsweise bis in den Plasmabereich PZ der Flamme GF des Brenners GB2. Dabei ist der Plasmabereich PZ in der Fig. 3 durch zwei konzentrisch zueinander liegende, schematisch gezeichnete Halbkreise angedeutet. Durch die spitzen bzw. nadelförmige Ausbildung der Elektroden ZE1, ZE2 wird im Plasmabereich PZ jeweils ein zusätzliches, vorzugsweise inhomogenes, elektrisches Feld erzeugt, das dem Beschleunigungsfeld EF1 von Fig. 1 überlagert ist. Auf diese Weise ist im Plasmabereich PZ jeweils im Bereich der Spitzen der Elektroden ZE1, ZE2 eine zusätzliche Zone hoher, insbesondere inhomogener, elektrischer Feldstärke erzeugt, die der elektrostatischen Aufladung der Quarzglaspartikel dient.

Der Plasmabereich PZ weist vorzugsweise einen Abstand zwischen 2 und 300 mm, insbesondere zwischen 5 und 200 mm, vom Brenner-Ausgang auf. Der Abstand der Zusatzelektroden ZE1, ZE2 voneinander ist zweckmäßig erweiter zwischen 20 und 100 mm, insbesondere zwischen 25 und 60 mm, gewählt. Die Zusatzelektroden ZE1, ZE2 weisen vorzugsweise 2 bis 100 mm, insbesondere 5 bis 150 mm, in den Abscheideraum zwischen dem Brenner GB2 und der Vorform PF (vgl. auch Fig. 1) hinein. Vorzugsweise weist das zusätzlich erzeugte, elektrische Feld zwischen der beiden Elektroden ZE1, ZE2 von Fig. 3 eine elektrische Feldstärke zwischen 0,1

und 3, insbesondere zwischen 0,5 und 1,5 V/mm auf. Ggf. kann es auch zweckmäßig sein, die Elektroden ZE1, ZE2 isoliert gegenüber dem Brennergehäuse anzubringen, so daß sie als Gegenelektrode zur Elektrode E1 fungiert.

Eine weitere Brennervariante ist im Längsschnittbild von Fig. 5 dargestellt. Dort ist eine Elektrode SE1, insbesondere ein spitz bzw. nadelförmig zulaufender Metallstab, in der Brennerachse zentrisch angeordnet. Dessen Spitze reicht vorzugsweise bis in den Plasmabereich PZ der Brennerflamme. Fig. 4 zeigt einen derartig modifizierten Brenner GB3 schematisch im Querschnitt mit der Elektrode SE1 im Zentrum. Die zentral positionierte, zusätzliche Elektrode SE1 weist vorzugsweise die gleiche Ladungspolarität wie das Brennergehäuse BG1 entsprechend Fig. 1 auf. Genauso kann es zweckmäßig sein, das Brennergehäuse elektrisch neutral zu halten, so daß die zentrale Elektrode SE1 gleichzeitig die Funktion der dem Rohling PF gegenüberliegenden Elektrode des Beschleunigungsfelds EF1 von Fig. 1 übernimmt, d. h. das Brennergehäuse BG1 ist dann vorzugsweise elektrisch neutral, während die Spannungsquelle SQ1 von Fig. 1 an die zentrale Elektrode SE1 von Fig. 5 angelegt ist. Auf diese Weise ist ein inhomogenes, elektrisches Feld gebildet, das zusätzlich zum Beschleunigungsfeld EF1 angelegt ist und die elektrostatische Aufladung der Quarzglaspartikel verbessert. Zweckmäßigerweise weist die zentrale Elektrode SE1 auf einer Länge zwischen -5 und 300 mm, insbesondere zwischen 30 und 200 mm, in den Zwischenraum zwischen der Ausgangsöffnung des Brenners GB3 und dem Vorform-Rohling PF hinein. Die elektrische Feldstärke des zusätzlichen, elektrischen Feldes der Zentralelektrode SE1 ist zweckmäßigerweise zwischen 0,1 und 100 V/mm, vorzugsweise zwischen 0,1 und 3, insbesondere zwischen 0,5 und 1,5 V/mm gewählt.

Im Unterschied zu Fig. 5 ist in Fig. 7 beim modifizierten Brenner GB4 zusätzlich zur zentralen Spitzenelektrode SE1 eine Ring- oder Zylinderelektrode RE1, vorzugsweise im oder außerhalb des Plasmabereichs PZ (auf die Vorform PF zu) der Brennerflamme GF, zwischen dem Rohling PF und der Brennerausgangsöffnung angeordnet. Eine weitere Gleich- oder Wechselstrom-Spannungsquelle SQ3 kann ggf. zusätzlich zwischen dieser Ringelektrode RE1 und der zentralen Elektrode SE1 geschaltet sein. Die Spannungsquelle SQ3 weist vorzugsweise eine zur Spannungsquelle SQ1 von Fig. 1 entgegengesetzte Polarität auf. Auf diese Weise werden die Quarzglaspartikel mit einer Ladung entgegengesetzt zur Ladung des Kerns des Vorform-Rohlings PF von Fig. 1 beaufschlagt. Die Ringelektrode RE1 weist vorzugsweise einen so großen Durchmesser auf, daß die durch die elektrostatischen Kräfte getriebenen Quarzglaspartikel möglichst nicht mit der Elektrode RE1 in Kontakt kommen, wohl aber zusätzlich den Bereich hoher, inhomogener Feldstärke durchlaufen und dadurch elektrostatisch aufgeladen werden. Auf diese Weise ist der weiter modifizierte Brenner GB4 gebildet, der die gezielte elektrostatische Aufladung der Quarzglaspartikel erlaubt.

Zweckmäßigerweise ist die Ringelektrode RE1 in einem Abstand zwischen 2 und 300 mm, insbesondere zwischen 25 und 100 mm, von der zentralen Elektrode SE1 im Abscheideraum zwischen dem Brenner GB4 und der Vorform PF positioniert. Vorzugsweise ist zwischen dem spitz zulaufenden Ende der Zentralelektrode SE1 und der Ringelektrode RE1 ein inhomogenes, elektrisches Feld erzeugt. Dieses weist zweckmäßigerweise eine elektrische Feldstärke zwischen 0,1 und 100 V/mm,

vorzugsweise zwischen 0,1 und 3 V/mm, insbesondere zwischen 0,5 und 1,5 V/mm auf. Fig. 6 zeigt zur besseren Veranschaulichung diesen Gasbrenner GB4 im Querschnitt.

Fig. 9 zeigt schließlich als Variante einen weiteren, erfindungsgemäß Brenner GB5 mit einer Ring- bzw. Zylinderelektrode RE2 oberhalb des Ausgangs des Brennergehäuses BG1 um den Plasmabereich. Im Unterschied zu Fig. 7 ist in Fig. 9 also die Zentralelektrode SE1 weggelassen worden. Die Ringelektrode RE2 ist radial nach innen spitzförmig ausgebildet, d. h. sie weist einen nadelförmigen Innenring SP1 auf, um ein stark ausgeprägtes, inhomogenes elektrisches Feld zu erzeugen. Zwischen der Ringelektrode RE2 und der zentralen Substralektrode 1 von Fig. 1 wird eine Hochspannung SQ4 angelegt, d. h. das Brennergehäuse BG1 selbst bleibt elektrisch neutral, d. h. unaufgeladen. Die Aufladung der bereits produzierten bzw. erzeugten Quarzglaspartikel findet im Bereich der Ringelektrode statt, da dort ein elektrisches Feld hoher Feldstärke erzeugt ist. Die Ringelektrode RE2 dient somit zugleich auch als einer der Pole für das elektrische Beschleunigungsfeld zwischen dem Brenner und dem Vorform-Rohling PF nach Fig. 1, d. h. sie ist umgekehrt zur Elektrode E1 der Vorform PF gepolt. Die Ringelektrode RE2 kann vorzugsweise als ein einfacher leitender Ring ausgebildet sein. Genauso zweckmäßig kann eine Konstellation von ring- und/oder nadelförmigen Stiften sein, die wie in Fig. 9 radial nach innen zum Zentrum hin ausgerichtet sind. Auf diese Weise ist es mit dem Brenner GB5 ermöglicht, eine gezielte, definierte elektrostatische Aufladung der bereits in der Brennerflamme gebildeten Quarzglaspartikel durchzuführen. Fig. 8 zeigt zur besseren Veranschaulichung diesen Brenner GB5 zusätzlich schematisch im Querschnitt bei Blick in Längsrichtung des Brenners.

Zweckmäßigerweise weisen die nadelförmigen Stifte der Ringelektrode RE2 einen Abstand zwischen 2 und 300 mm, insbesondere zwischen 5 und 100 mm, vom Brennerausgang auf. Vorzugsweise ist im Bereich der Ringelektrode RE2 ein elektrisches Feld mit einer Feldstärke zwischen 0,1 und 100 V/mm, insbesondere zwischen 0,1 und 3 V/mm, vorzugsweise zwischen 0,5 und 1,5 V/mm erzeugt.

Insgesamt betrachtet ermöglichen die Zusatzelektroden in den Fig. 2 mit 9 jeweils eine Erhöhung der elektrostatischen Aufladung der Quarzglaspartikel. Durch eine geeignete Wahl der Anordnung der Elektroden sowie Optimierung der übrigen Prozeßparameter, wie z. B. dem Abstand zwischen dem Brenner-Ausgang und der jeweiligen Zusatzelektrode, Abstand zwischen Zusatzelektrode und Außenfläche des Quarzglas-Rohlings, usw., kann eine nahezu vollständige Abscheidung der ursprünglich in den Herstellungsprozeß eingegebenen Quarzglaspartikel erreicht werden, d. h. die Quantität der am Rohling PF von Fig. 1 abgelagerten Quarzglaspartikel erheblich gesteigert werden.

Fig. 10 zeigt eine weitere Möglichkeit, wie erfindungsgemäß ein Vorform-Rohling PF trotz seiner ursprünglich elektrisch isolierenden Eigenschaften in definierter Weise durch Anwendung elektrostatischer Kräfte verbessert mit aufgeladenen Quarzglaspartikel beschichtet werden kann. Der nichtleitende Vorform-Rohling PF und der vorzugsweise nichtleitende Substratstab SS wird jeweils mit einer elektrisch leitenden Schicht überzogen. Als Beschichtungsmaterial wird vorzugsweise Kohlenstoff verwendet, um möglichst dämpfungsreduzierende Kontaminationen von "Störpartikeln" in der

Glasstruktur auszuschließen. Dieser Kohlenstoff wird aus mindestens einem zusätzlichen, in Fig. 10 z. B. aus zwei zusätzlichen Brennern ZB1, ZB2 beiderseits neben einem eigentlichen Hauptbrenner HB auf die Vorform aufgebracht. Der Hauptbrenner HB ist vorzugsweise entsprechend dem Brenner GB1 von Fig. 1 ausgebildet und befindet sich zusammen mit den Zusatzbrennern ZB1, ZB2 auf einer gedachten Geradenlinie etwa parallel zur Zentralachse des Rohlings PF. Diese Reihe von drei hintereinanderfolgenden Brennern ZB1, HB, ZB2 wird entsprechend dem Brenner GB1 von Fig. 1 relativ zur Längsachse des Rohlings PF verschoben. Der jeweilige Zusatzbrenner ZB1 bzw. ZB2 wird vorzugsweise mit einem brenngasreichen Gemisch aus Acetylen ( $C_2H_2$ ) oder Erdgas (Hauptbestandteil  $CH_4$ ) und Sauerstoff betrieben. Dessen reduzierende Flamme kann zur Aufbringung einer Kohlenstoffschicht CS auf die Vorformoberfläche genutzt werden. Diese leitende Oberflächen-, insbesondere Kohlenstoffschicht CS dient als Auffangelektrode für die auftreffenden, aufgeladenen Quarzglaspartikel vom Hauptbrenner HB. Dabei kann die Aufladung der in der Brennerflamme GF erzeugten Quarzglaspartikel z. B. entsprechend dem elektrostatischen Aufladevorgang nach Fig. 9 mit einer Ringelektrode RE2 durchgeführt werden. Diese Ringelektrode RE3 ist über Leitungen EL2, EL2\* jeweils mit einer Spannungsquelle SQ5, SQ6 gleicher Polarität verbunden. Der elektrisch leitenden Schicht CS wird über eine Leitung EL1 der Spannungsquelle SQ5 sowie über eine Leitung EL1\* der Spannungsquelle SQ6 jeweils der Gegenpol zur Ringelektrode RE3 zugeordnet. Auf diese Weise lädt die Ringelektrode RE3 zum einen die bereits in der Brennerflamme GF gebildeten Quarzglaspartikel elektrostatisch auf. Zum anderen wird zwischen der Ringelektrode RE3 und der elektrisch leitenden Schicht CS auf der Vorform PF ein elektrisches Beschleunigungsfeld gebildet, d. h. die Ringelektrode RE3 stellt einen der Pole für das elektrische Beschleunigungsfeld der Quarzglaspartikel dar. Die Polarität der Ringelektrode RE3 wird derart gewählt, daß die leitende Oberflächenschicht CS als Auffangelektrode für die auftreffenden aufgeladenen Quarzglaspartikel vom Hauptbrenner HB dient. Werden beispielsweise die Quarzglaspartikel negativ im Bereich der Ringelektrode RE3 aufgeladen, so ist an die leitende Schicht eine positive Spannung angelegt. Die entstandene, leitende Oberflächenschicht CS ist vorzugsweise so dünn aufgebracht, daß der mit Sauerstoffüberschub arbeitende Hauptbrenner HB bei der Quarzglaspartikel-Abscheidung die leitende Oberflächenschicht CS verbrennt. Das heißt, die leitende Schicht CS wird jeweils im aktuellen, momentan vom Gasstrom des Hauptbrenners getroffenen Quarzglaspartikel-Abscheidebereich der Außenoberfläche der Vorform PF jeweils durch Oxidation während der Längsbewegung der Brenner kontinuierlich entfernt und jeweils beidseitig daneben wieder neu gebildet. Selbstverständlich ist es auch möglich, für die Zusatzbrenner ZB1, ZB2 andere als die vorgeschlagenen Gase zu wählen, solange unzulässig hohe Dämpfungserhöhungen durch zusätzliche Verunreinigungen weitgehend vermieden sind. Dies ist insbesondere dadurch gewährleistet, daß die Kohlenstoffschicht CS vom Hauptbrenner HB jeweils weitgehend rückstandsfrei abgetragen wird, bevor eine neue Schicht von Quarzglaspartikeln abgelagert sind. Bei dieser Version des erfindungsgemäßen Verfahrens sind vorteilhaft Korrosionsprobleme in der aggressiven Gasumgebung des Brenners und damit Kontaminationen durch Verunreinigungen weit-

gehend vermieden, da auf eine zentrale Substratelektrode, wie z. B. E1 in Fig. 1, verzichtet werden kann.

Zweckmäßigerweise ist bei allen Ausführungsformen ggf. eine Isolierung der jeweils installierten Elektroden gegenüber den Maschinenteilen der jeweiligen Abscheideverrichtung nach den Fig. 1 bis 10 vorzusehen.

Gegebenenfalls können die Quarzglaspartikel vorteilhaft sogar ohne Elektrode beim Vorform-Rohling PF dadurch in definierter Weise abgelagert werden, daß die in der Flamme erzeugten Quarzglaspartikel stets mit der umgekehrten Polarität wie die auf der Vorform bereits abgeschiedenen bzw. abgelagerten Quarzglasteilchen aufgeladen werden. So können beispielsweise die Quarzglaspartikel mit einer Anordnung entsprechend den Fig. 3, 5 oder 7 elektrostatisch mit wechselnder Polarität aufgeladen werden. Auf diese Weise werden die elektrostatisch aufgeladenen Quarzglaspartikel von der umgekehrt gepolten Oberfläche der Vorform PF angezogen. Beim Auftreffen auf die Vorform PF werden die Quarzglasteilchen weitgehend entladen und verlieren so ihre elektrostatische Wirkung für die Abscheidung der nächsten Schicht. Es wird also zweckmäßigerweise bei jedem Richtungswechsel der Brennerbewegung entsprechend Fig. 1 die Hochspannung für die Aufladung der Quarzglaspartikel dem Vorzeichen nach gewechselt, d. h. die Polarität der elektrostatischen Aufladung alternierend geändert. Während dieser Prozeß abläuft, kann die Spannung vorteilhaft Auftragsschicht für Auftragsschicht stufenweise erhöht werden, so daß die Ausbildung einer etwaig abschirmenden Raumladung vermieden ist.

Auf diese Weise kann bei einem derart modifizierten elektrostatischen Abscheideverfahren vorteilhaft darauf verzichtet werden, eine leitende Elektrode E1 wie in Fig. 1 im Kern des Vorform-Rohlings PF vorzusehen. Durch diese elektrodenlose Anordnung (bis auf die zusätzliche, elektrostatische Aufladeelektrode zwischen dem Brenner und dem Vorform-Rohling) sind eventuelle störende Verunreinigungen in der Quarzglasstruktur der Vorform PF vermieden.

Selbstverständlich lassen sich die entsprechend den Fig. 1 mit 10 erfindungsgemäßen Abscheideverfahren sowohl unabhängig voneinander als auch beliebig miteinander kombiniert durchführen.

Im allgemeinen wird bei den Brennern gemäß den Fig. 1 mit 10 zweckmäßigerweise für einen Brenner-Hin- bzw. Herlauf Gleichspannung verwendet. Von Vorteil kann es aber auch sein, elektrische Abschirmefekte durch bereits abgeschiedene Quarzglaspartikel dadurch zu vermeiden, daß jeweils eine Wechselspannung oder ein Vorzeichenwechsel bei Verwendung von Gleichspannung durchgeführt wird.

#### Patentansprüche

55 1. Verfahren zum Herstellen von Quarzglas- Vorformen, wobei einem Brenner (GB1) gasförmige Ausgangsmaterialien zugeführt werden, aus denen in dessen Brennerflamme (GF) Quarzglaspartikel gebildet werden, und wobei diese Quarzglaspartikel in einem elektrischen Feld (EF1) zwischen dem Brenner (GB1) und einem zu fertigenden Vorform-Rohling (PF) auf dessen Außenoberfläche abgelagert werden, dadurch gekennzeichnet, daß dem Brenner (GB1) nichtionisierte, gasförmige Ausgangsmaterialien zugeführt werden, daß erst nach der Bildung der Quarzglaspartikel aus diesen Ausgangsmaterialien in der Brennerflamme (GF) die

Quarzglaspartikel elektrostatisch aufgeladen werden, und daß diese elektrostatisch aufgeladenen Quarzglaspartikel durch das elektrische Feld (EF1) auf den Vorform- Rohling (PF) zu beschleunigt sowie dort möglichst weitgehend vollständig abgelagert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Quarzglaspartikel im Plasmabereich der Brennerflamme (GF) elektrostatisch aufgeladen werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Quarzglaspartikel am Ausgang des Brenners (GB2) mit einem zusätzlichen, elektrischen Feld (EF2) elektrostatisch aufgeladen werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Quarzglaspartikel mit wechselnder Polarität elektrostatisch aufgeladen werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils vor dem Aufbringen einer Schicht von Quarzglaspartikeln der Vorform- Rohling (PF) jeweils mit einer elektrisch leitenden Schicht (CS) überzogen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die leitende Schicht (CS) durch Oxidation jeweils wieder weitgehend rückstandsfrei abgetragen wird, bevor eine neue Schicht von Quarzglaspartikeln abgelagert wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche gekennzeichnet durch die Anwendung bei der Herstellung von Vorformen für Lichtwellenleiter oder von Quarzglasrohren.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß am Ausgang des Brenners (GB1) Mittel (z. B. BG1, ZE1, ZE2) vorgesehen sind, die eine elektrostatische Aufladung der aus den nichtionisierten, gasförmigen Ausgangsmaterialien gebildeten Quarzglaspartikel bewirken.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel zur elektrostatischen Aufladung durch ein elektrisch leitendes Gehäuse (BG1) des Brenners (GB1) gebildet ist, an das eine Spannungsquelle (SQ1) angeschlossen ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel zur elektrostatischen Aufladung durch mindestens eine zusätzliche Elektrode (z. B. SE1) gebildet ist, die in den Bereich zwischen dem Brenner (GB3) und dem Vorform-Rohling (PF) hineinragt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Elektrode (z. B. SE1) nadelförmig ausgebildet ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß sich die zusätzliche Elektrode (z. B. SE1) bis in den Plasmabereich (PZ) der Brennerflamme (GF) erstreckt.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 mit 12, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Elektrode (z. B. SE1) in der Brennerachse zentrisch angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 mit 12, dadurch gekennzeichnet, daß zwei zusätzliche Elektroden (z. B. ZE1, ZE2) am Gehäuse (BG2) des Brenners (GB2) angebracht sind.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 mit 13, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich eine

Ringelektrode (RE1) im Bereich zwischen dem Brenner (GB3) und dem Vorform- Rohling (PF) vorgesehen ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß an die Ringelektrode (z. B. RE1) eine Spannungsquelle (SQ3, SQ4) angeschlossen ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 mit 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern des Vorform- Rohlings (PF) durch einen Leiter (E1) gebildet ist, und daß an den Kern eine Spannung mit einer Polarität entgegengesetzt zur Ladungspolarität der elektrostatisch aufgeladenen Quarzglaspartikel angelegt ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 mit 17, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Zusatzbrenner (ZB1, ZB2) vorgesehen ist, der jeweils eine elektrisch leitende Schicht (CS) auf den Vorform- Rohling (PF) aufbringt, und daß an diese Schicht (CS) eine Spannung (SQ5, SQ6) mit einer Polarität entgegengesetzt zur Ladungspolarität der elektrostatisch aufgeladenen Quarzglaspartikel angelegt ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 mit 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Quarzglaspartikel negativ geladen sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**

